

# Inhalt

<b>Vorwort zur 5. Auflage</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Grundlagen</b> .....	<b>13</b>
1.1 Aufgaben der Fertigungstechnik .....	13
1.2 Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 .....	18
1.3 Auswahl von Fertigungsverfahren .....	19
1.4 Wesentliche Eigenschaften der Fertigungsverfahren .....	21
<b>2 Urformende Fertigungsverfahren</b> .....	<b>26</b>
2.1 Gießen .....	27
2.1.1 Stranggießen .....	27
2.1.2 Gießen in verlorene Formen .....	28
2.1.3 Gießen in Dauerformen .....	35
2.1.4 Verfahrensvergleich Sandguss - Kokillenguss .....	39
2.1.5 Gießerei .....	41
2.2 Sintern von Metallwerkstoffen .....	43
2.2.1 Verfahrensablauf .....	44
2.2.2 Vergleich pulvermetallurgischer Fertigungsverfahren .....	49
2.2.3 Vorteile, Nachteile und Anwendungsfelder des Sinterns .....	51
2.3 3D-Druck .....	53
2.3.1 3D-Druckverfahren .....	53
2.3.2 Verfahrensvergleich 3D-Druckverfahren .....	59
2.3.3 Anwendung 3D-Druck .....	61
<b>3 Umformende Fertigungsverfahren</b> .....	<b>64</b>
3.1 Grundlagen des Umformens .....	66
3.2 Massivumformen .....	76
3.2.1 Stauchen .....	76

---

3.2.2	Frei- und Gesenkformen .....	78
3.2.3	Verfahrensvergleich Gesenkformen – Gießen .....	82
3.2.4	Walzen .....	84
3.2.5	Eindrücken .....	90
3.2.6	Strangpressen und Fließpressen .....	92
3.2.7	Verfahrensvergleich Strangpressen – Walzen .....	97
3.2.8	Gleitziehen .....	98
3.2.9	Rundkneten .....	101
3.3	Blech- und Profilmformen .....	104
3.3.1	Biegen .....	104
3.3.2	Tiefziehen .....	106
3.3.3	Verfahrensvergleich Tiefziehen – Fließpressen .....	111
3.3.4	Tiefziehen mit elastischen Werkzeugen und Wirkmedien .....	112
3.3.5	Streckziehen .....	114
3.3.6	Walzprofilieren, Walzziehen, Walzrichten .....	116
3.3.7	Drücken .....	118
3.3.8	Verfahrensvergleich Drücken – Tiefziehen .....	122
3.3.9	Innenhochdruck-Umformen (IHU) .....	123
<b>4</b>	<b>Trennende Fertigungsverfahren .....</b>	<b>125</b>
4.1	Zerteilen – Spanloses Trennen .....	125
4.1.1	Scherschneiden .....	127
4.1.2	Feinschneiden .....	129
4.1.3	Werkzeuge für Umform- und Schneidvorgänge .....	131
4.2	Zerspanungstechnik .....	133
4.2.1	Bewegungen und Geometrie am Schneidwerkzeug .....	133
4.2.2	Schnitt-, Spanungsgrößen und Spanbildung .....	139
4.2.3	Schnittkraft, Leistungsbedarf und Hauptnutzungszeit .....	144
4.2.4	Schneidstoffe und Kühlschmierstoffe .....	151
4.2.5	Werkzeugverschleiß und Werkstückoberfläche .....	157
4.2.6	Standzeit eines Werkzeuges .....	162
4.2.7	Optimierung der Zerspanung .....	164
4.2.8	Zerspanbarkeit von Werkstoffen .....	167
4.2.9	Trends in der spanenden Fertigung .....	167
4.3	Spanende Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmten Schneiden ...	172
4.3.1	Drehen .....	172
4.3.2	Bohren, Senken und Reiben .....	176
4.3.3	Fräsen .....	182
4.3.4	Räumen .....	187

4.3.5 Sägen .....	190
4.3.5.1 Werkzeuge .....	192
4.3.5.2 Maschinen .....	192
4.4 Spanende Fertigungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden	193
4.4.1 Schleifen .....	195
4.4.2 Honen .....	199
4.4.3 Läppen .....	201
4.4.4 Strahlspanen, Strahlen und Reinigen .....	203
4.4.5 Entgraten .....	205
4.5 Abtragende Verfahren .....	208
4.5.1 Erodieren .....	209
4.5.2 Verfahrensvergleich Erodieren – Fräsen .....	213
4.5.3 Laserbearbeitung .....	214
4.5.4 Verfahrensvergleich Laserbrennschneiden – Nibbeln .....	216
4.5.5 Wasserstrahlschneiden .....	218
<b>5 Fügende Fertigungsverfahren .....</b>	<b>221</b>
5.1 Montage .....	222
5.2 Schweißen .....	224
5.2.1 Autogenschweißen .....	225
5.2.2 Lichtbogenschweißen .....	227
5.2.3 Laserstrahlschweißen .....	233
5.2.4 Widerstandspressschweißen .....	236
5.2.5 Ultraschallschweißen und Reibschweißen .....	241
5.3 Löten .....	242
5.3.1 Weichlöten .....	244
5.3.2 Hartlöten .....	246
5.3.3 Verfahrensvergleich Laserstrahlschweißen – MIG/MAG-Schweißen – Hartlöten .....	249
5.4 Kleben .....	252
5.5 Fügen durch Umformen .....	255
5.5.1 Nieten .....	256
5.5.2 Clinchen oder Durchsetzfügen .....	260
5.5.3 Falzen und Bördeln .....	262
5.6 Schrauben .....	264
5.7 Klipsen und Einrasten .....	268

<b>6 Beschichten</b> .....	<b>270</b>
6.1 PVD- und CVD-Verfahren .....	273
6.2 Lackieren und Lacksysteme .....	275
6.3 Tauchlackieren .....	277
6.4 Spritzlackieren .....	279
6.5 Emaillieren .....	285
6.6 Thermisches Spritzen .....	287
6.7 Galvanisieren, Oxidieren und elektrolytische Tauchabscheidung .....	291
6.8 Wirbelsintern und elektrostatisches Pulverbeschichten .....	293
6.9 Coil Coating .....	296
6.10 Prozesstechnische Pkw-Serienlackierung .....	296
<b>7 Werkzeugmaschinen</b> .....	<b>300</b>
7.1 Einführung .....	300
7.2 Gestelle .....	302
7.3 Schlitten und Tische .....	308
7.4 Führungen .....	308
7.5 Lagerungen .....	315
7.6 Antriebe .....	318
7.6.1 Hauptantriebe .....	319
7.6.2 Nebenantriebe .....	323
7.7 Getriebe .....	326
7.7.1 Translationsgetriebe .....	326
7.7.2 Rotationsgetriebe .....	329
7.8 Beispiele für Werkzeugmaschinen .....	334
7.8.1 Spanende Werkzeugmaschinen .....	335
7.8.2 Werkzeugmaschinen für die Umformung und das Zerteilen .....	339
<b>8 Steuerung von Werkzeugmaschinen</b> .....	<b>342</b>
8.1 Aufgaben von Steuerungen in Werkzeugmaschinen .....	342
8.2 Numerische Steuerung (NC) .....	344
8.2.1 Grundlagen der numerischen Steuerung (NC) .....	344
8.2.2 Wegmesssysteme .....	349
8.2.3 Koordinatensysteme, Achsen und Nullpunkte .....	351
8.2.4 NC-Programmierung .....	359
8.2.5 Programmiermethoden .....	361

---

8.3	Logik- und Servosteuerungen .....	368
8.4	Konventionelle Programmsteuerungen .....	370
8.4.1	Kurvensteuerung .....	370
8.4.2	Kopiersteuerungen .....	371
8.5	Digitalisieren .....	372
<b>9</b>	<b>Fertigungsautomatisierung und Industrieroboter .....</b>	<b>374</b>
9.1	Fertigungsautomatisierung .....	374
9.1.1	Einführung .....	374
9.1.2	Begriffe zur Fertigungsautomatisierung .....	377
9.1.3	Ziele der Fertigungsautomatisierung .....	378
9.1.4	Automatisierungsgrad von Fertigungssystemen .....	380
9.2	Aufbau automatisierter Fertigungsanlagen .....	382
9.2.1	Systembestandteile .....	382
9.2.2	Transportieren, Verketteten und Puffern .....	384
9.2.3	Sensoren zum Überwachen, Prüfen und Sichern .....	388
9.3	Industrieroboter .....	392
9.3.1	Handhabungsmaschinen .....	392
9.3.2	Aufbau von Industrieroboteranlagen .....	395
9.3.3	Grundbauformen von Industrierobotern .....	396
9.3.4	Kenngrößen von Industrierobotern .....	399
9.3.5	Greifer- und Wechselsysteme .....	401
9.3.6	Peripheriegeräte .....	403
9.3.7	Industrierobotersteuerung und -programmierung .....	405
<b>10</b>	<b>Steigerung von Flexibilität und Produktivität .....</b>	<b>410</b>
10.1	Zielsetzung .....	410
10.2	Verkürzung der Rüstzeit .....	410
10.3	Verkürzen der Hauptnutzungszeit .....	413
10.4	Verkürzung der Nebenzeit .....	416
10.4.1	Verkürzung der Werkstückwechselzeit .....	416
10.4.2	Verkürzung der Werkzeugwechselzeit .....	419
10.5	Verkürzung der Durchlaufzeit .....	420
10.6	Verlängerung der Maschinennutzung .....	422
<b>11</b>	<b>Energieeffizienz in der Produktion .....</b>	<b>424</b>
11.1	Definitionen .....	424
11.2	Volkswirtschaftliche Aspekte .....	424
11.3	Technische Umsetzungsbeispiele .....	427

<b>12 Formelsammlung</b> .....	<b>431</b>
12.1 Massivumformen .....	431
12.2 Blech- und Profillumformen .....	435
12.3 Schneiden .....	441
12.4 Zerspanungstechnik .....	443
<b>13 Übungsaufgaben</b> .....	<b>450</b>
13.1 Spanende Fertigungsverfahren .....	450
13.2 Spanlose Fertigungsverfahren .....	459
13.3 Werkzeugmaschinen .....	462
<b>14 Kontrollfragen</b> .....	<b>463</b>
14.1 Grundlagen .....	463
14.2 Urformende Fertigungsverfahren – Gießen .....	464
14.3 Umformende Fertigungsverfahren .....	466
14.4 Spanende Fertigungsverfahren und Zerspanungstechnik .....	468
14.5 Fügende Fertigungsverfahren .....	471
14.6 Beschichten .....	472
14.7 Werkzeugmaschinen .....	473
14.8 CNC-Steuerung .....	474
14.9 Verfahrensvergleiche .....	475
<b>Literatur</b> .....	<b>477</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	<b>481</b>